

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ТЕХНОГЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ г. МИНСКА МЕТАЛЛАМИ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОРЫ ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (PICEA ABIES) МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

*Патапович М.П., Соколова А. В., Булойчик Ж.И., Зажогин А.П.
Белорусский государственный университет, физический факультет*

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является одной из важнейших экологических проблем современности. В условиях техногенеза токсиканты включаются в биогеохимические круговороты, поступают через почву, гидросферу и атмосферу в растения, корма, продукты питания, в организмы животных и человека. Изучение биогеохимического поведения приоритетных элементов-токсикантов в компонентах биосферы – одна из актуальных задач современной экологии, так как биогеохимическая ситуация в регионах является существенным фактором их устойчивого развития и функционирования. Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека. Однако многие химические элементы являются неотъемлемой частью физиологически необходимых живым организмам соединений, поэтому немаловажно располагать информацией об естественных концентрациях элементов.

Растения чувствительны к составу окружающей среды и их элементный состав также активно реагирует на изменение ее состояния. Важным представляется и вопрос о биогеохимическом цикле не только макро- (С, Н, N, О, Са и др.), но и микроэлементов, которые играют значительную роль в жизнедеятельности растительности. Химический состав организмов зависит от их природы (систематического положения) и геохимических особенностей ландшафта, на котором они обитают. Если для макроэлементов значение имеет систематическое положение, то для многих микроэлементов ведущую роль играют геохимические особенности ландшафта. Известно, что растения, произрастающие в зонах техногенного и антропогенного загрязнения, и в частности в больших городах, крупных промышленных центрах и вблизи них, подвергаясь воздействию вредных составляющих окружающей среды, могут служить чувствительными индикаторами, способными сигнализировать о степени загрязнения ареала их произрастания. Город представляет собой сложную многокомпонентную многофункциональную систему, элементы которой распределены в пространстве закономерно. Вся эта система, содержание элементов питания отличается и в растениях, произрастающих на разных типах почв, отличается также и распределение этих

элементов по органам различных растений. В траве на городских почвах значительно возрастает доля калия (24 – 54 %), по сравнению с растительностью естественных почв 7 – 8 %), на фоне уменьшения доли фосфора (от 70 % на естественных почвах до 19–43 % на городских), а также увеличивается разность содержания этих элементов между корневой системой и надземной частью, особенно на урбаноземах и репелантоземах. Уровень нитратного азота в органах травы на всех типах почв остается постоянным и составляет 2 % от суммы трех элементов в сухом веществе. Проблемы охраны здоровья человека, систематический агрохимический и промышленный мониторинг, санитарно-гигиенический и химико-токсикологический контроль, техногенная ситуация в отдельных регионах требуют использования как инструментальных, так и комбинированных методов, обеспечивающих высокую дисперсность, надежность и чувствительность анализов. Широко применяемым в настоящее время методам контроля – химическому и атомно-абсорбционному анализу свойственен ряд недостатков: трудоемкость и малая оперативность. Поэтому трудоемкие классические методы химической деструкции и минерализации анализируемых проб целесообразно заменять более производительными прямыми инструментальными методами, совмещающими в себе как подготовку, так и анализ минерального состава проб.

Требованиям оперативного химико-аналитического контроля объектов растительного и животного происхождения на содержание различных металлов наилучшим образом удовлетворяет лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектральный анализ, отличающийся многоэлементностью, сравнительной простотой подготовки образцов и довольно низкими пределами обнаружения. Многие вопросы, могут быть эффективно решены при использовании лазерного многоканального атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1. Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из двоекных импульсов до 80 мДж, на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов ≈ 15 нс. Временной сдвиг между двоекными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно равен 50 мкм. Используя расфокусировку можно увеличить область обработки до 2 мм.

В качестве объектов исследования для разработки методов экспресс-анализа содержания элементов и влияния сезонности на загрязнение окружающей среды использованы образцы коры ели обыкновенной, взятые на территории Минска. Образцы коры для анализа отбирали в летний и зимний период с верхней и нижней частей нижних веток ствола деревьев, а также, для сравнения, из Березинского биосферного заповедника, взятые в мае-июне.

Для проведения экспериментов предварительно были отобраны участки коры ели с преимущественно ровной поверхностью размером 10×10 мм², которые наклеивались с помощью двустороннего скотча на поверхность держателя образцов (пластинка из оргстекла), а затем на 15 минут помещались под груз, для наиболее равномерного распределения образца по поверхности пластинки. Анализировались суммарные результаты 40 последовательных импульсов из нескольких точек образцов коры.

На рис.1 приведены интенсивности линий ряда элементов (Ca, Al,) в образцах коры ели МпН4 взятых в феврале 2015 года при энергиях импульсов возбуждения 30 мДж и между импульсным интервале 8 мкс.

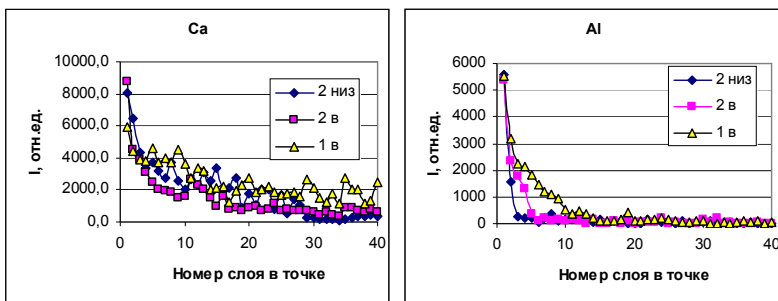


Рис. 1. Зависимость интенсивности линий CaII (393,367 нм), Al(396,153 нм) в образцах коры: 1 в – образец 1 верхняя часть; 2 в и 2 н - образец 2 верхняя и нижняя часть ветки.

Зависимости интенсивности линий Ca, Al, Ti и Fe в последовательных 10 слоях коры ели образцов МпН4, взятых летом и зимой, приведены на рис. 2.

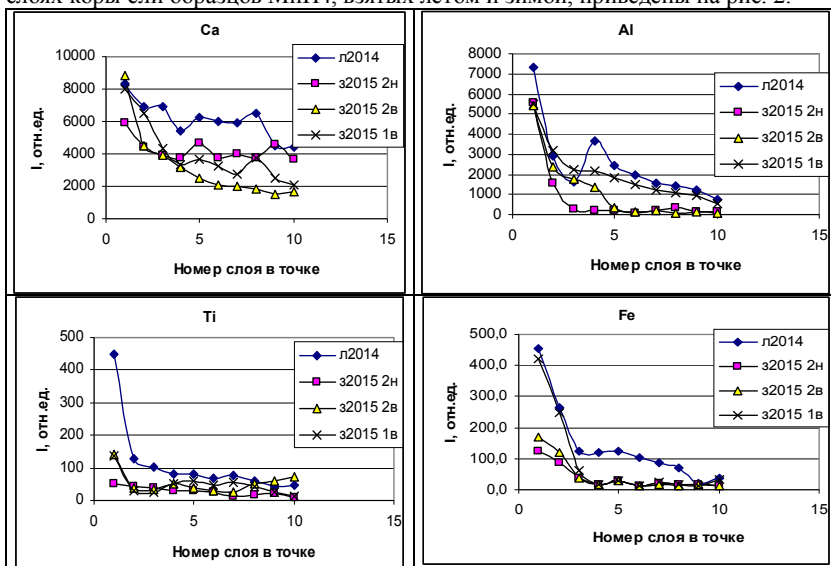


Рис. 2. Зависимость интенсивности линий CaII (393,367 нм), Al(396,153 нм), FeI (382,04 нм), TiII (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели.

Из анализа экспериментальных результатов видно, что наблюдается явный дисбаланс в питании елей, как растущих в различных по экологической обстановке местностях, так и в различные временные сроки. Наблюдается увеличение количества кальция в верхних слоях коры, начиная с сезона борьбы с гололедом. Следует также особо отметить, что процесс накопления Al, Fe, Ti с наступлением лета увеличился, что свидетельствует об усилении процессов поступления их с тротуара, уложенного плиткой. За осенний сезон дождей количество их заметно уменьшилось, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности спектральных линий в зимних образцах коры 2015 года. Таким образом, видно, что большое влияние на количественное содержание элементов в поверхностных слоях оказывают внешние воздействия (осадки, пыль).

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al и магния в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом. Так как зимы в последнее время часто наблюдаются снежные, то всевозможных хлоридов на трассы высыпают большое количество. Мчащиеся автомобили создают турбулентные потоки воздуха, которые разносят «удобрения» на ветки и кроны. Соль легко проникает в побеги. Одновременно с возрастанием указанных элементов в верхних слоях образца МпН4 появляются другие металлы. В связи с этим были исследованы образцы солевых смесей, используемые для обработки дорог во время гололеда. Данные объекты представляют собой комбинацию кристаллов различного цвета и формы, что может указывать на содержание в них некоторого количества различных химических элементов, не свойственных биологическим образцам. На рис.3 приведены фрагменты кристаллов технической соли.



Рис. 3. Фрагменты кристаллов технической соли различных цветов.

Для анализа были отобраны крупные кристаллы, различающиеся по цвету: 1-серый, 2 – темно-коричневый, 3-белый, 4-желтый, 5-светло-желтый.

Относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах соли приведено на рисунке 4.

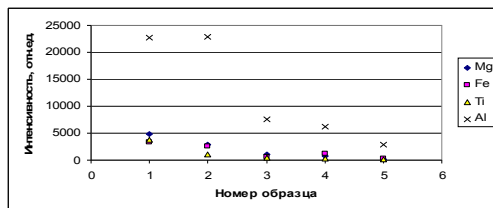


Рис.4. Относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах соли.

Как видно из приведенных данных, основной вклад в загрязнение дают два вида кристаллов — серый и темно-коричневый. В них содержание тяжелых металлов существенно выше, чем в других кристаллах. В частности, содержание алюминия выше более чем в 3 раза. Для остальных элементов концентрация увеличена приблизительно в два и более раза.

Малые трудозатраты на пробоподготовку объектов к анализу позволят проводить большой объем анализов проб взятых на больших площадях и проводить слежения за состоянием биоты под влиянием локального и трансграничного переноса поллютантов; выяснять закономерности устойчивого развития экосистем с целью обеспечения научных основ сбережения природных комплексов и устойчивого их использования.